CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS
(C.R.T.)
CENTRE FOR RESEARCH
ON TRANSPORTATION

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
C.P. 6128, SUCCURSALE A,
MONTRÉAL
CANADA H3C 3J7

TÉLÉPHONE: (514) 343-7575
TÉLEX: 05-24146 BIBPOLYTEC
EMAIL: crt@crt.umontreal.ca
TÉLÉCOPIEUR (FAX): (514) 343-7121

CRT-711

CADRE EMPIRIQUE POUR LA MODÉLISATION DES OPÉRATIONS D'UN TERMINUS ROUTIER DE MARCHANDISES LTL*

par

Gilles D'Avignon**

* Ce travail a été réalisé durant la période du 1er janvier au 30 juin 1988 pendant laquelle l'auteur a bénéficié d'un sabbatique au Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal.

** Département opérations et systèmes de décision, Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, Québec G1K 7P4.

Centre de recherche sur les transports - Publication #711

Août 1990

Dépôt légal - 3e trimestre 1990

91-00318/

TABLE DES MATIÈRES

Page

RÉSUMÉ iii

INTRODUCTION 1

1. CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES D'UN TERMINUS. 3

2. PROCESSUS DES OPÉRATIONS DE TRANSBORDEMENT. 2

3. CARACTÉRISATION DES ACTIVITÉS DE MANUTENTION. 8

3.1 - Classes d'expéditions 8
3.1.1 - Intervalles du poids des marchandises 8
3.1.2 - Intervalles du volume des marchandises. 9
3.1.3 - Intervalles du nombre de morceaux 9
3.1.4 - Catégories de marchandises. 10
3.1.5 - Les index d'uniformisation des morceaux 11

3.2 - Logistique de la manutention. 12
3.2.1 - Types de manutention. 12
3.2.2 - Déplacements de la marchandise. 12

4. FORMALISATION DE MESURES DE PERFORMANCE 15

5. MODÉLISATION. 16

CONCLUSION 19

RÉFÉRENCES 20

Liste des Figures

Figure 1 : Les grandes étapes des activités de camionnage. 2

Figure 2 : L'aspect physique d'un terminus routier 4

Figure 3 : Le processus quotidien de la manutention. 7

Figure 4 : Les 32 grands différents parcours du transbordement de la marchandise 14

RÉSUMÉ

Ce texte a pour objectif de présenter un cadre afin de proposer différents modèles des opérations de transbordement des marchandises LTL dans un terminus routier. Plusieurs concepts et une nomenclature appropriée seront présentés dans le but de formaliser les opérations de terminus. Cette formulation devrait permettre d'énoncer différents modèles dont la résolution aidera les gestionnaires de l'industrie du transport routier à fixer des modalités d'opération permettant d'accroître la productivité.

Mots-clés : transport routier; terminus; transbordement; modélisation des opérations.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'importance du transport routier des marchandises ne cesse de croître dans nos sociétés modernes. En effet, les statistiques nationales démontrent année après année que les quantités de marchandises transportées par route augmentent plus rapidement que celles transportées par rail, eau et air. Cette augmentation se justifie facilement si l'on considère la flexibilité et la rapidité du transport par camions.

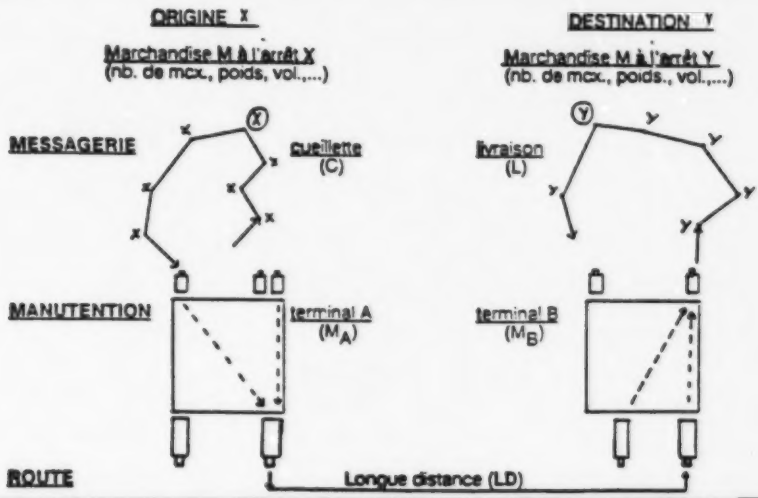
Dans le transport routier des marchandises pour le compte d'autrui, une grande quantité des expéditions constitue des charges partielles. Selon Statistique Canada (série 53-222), les charges partielles comptaient pour 12 % du poids transporté, pour 52 % des revenus et pour 85 % du nombre d'expéditions sur le territoire du Québec en 1986. Depuis les débuts du camionnage, il y a plus de 60 ans, l'industrie du transport routier s'est dotée de terminus afin d'effectuer des transbordements et ainsi consolider des voyages de longue distance.

Faisant certaines hypothèses dont celle stipulant qu'environ 30 % des coûts d'exploitation d'une entreprise de camionnage sont directement reliés aux opérations de transbordement des marchandises en terminus, D'Avignon [1988] estime qu'il en a coûté plus de 183 millions de dollars aux entreprises du camionnage du Québec, en 1986. Il faut noter que cette première estimation ne tient pas compte du transport routier des marchandises entre le Québec et les États-Unis ainsi que certains gros distributeurs de biens de consommation qui maintiennent des entrepôts au Québec et dont les opérations sont analogues à celles des terminus routiers.

En conséquence, il apparaît que les opérations de terminus routier de marchandises possèdent une importance économique suffisante pour être analysées en profondeur. Afin de modéliser les opérations de terminus, il convient de situer ces opérations dans le contexte général des activités de camionnage.

L'approche utilisée dans le camionnage consiste à regrouper les activités en trois secteurs. Ces secteurs d'activités sont essentiellement la **messagerie**, la **manutention au terminus** et la **route** entre les terminus d'origine et de destination. On peut représenter schématiquement ces trois secteurs à la figure ci-après.

Figure 1 : Les grandes étapes des activités de camionnage



Ainsi, pour l'entreprise de camionnage, la poursuite de l'efficacité l'obligera à consolider des opérations de cueillette dans le secteur de la messagerie, à effectuer des déchargements de camions de messagerie et des **chargements de remorques dans le secteur de la manutention** des marchandises au terminus, et à régulariser ses remorques de longue distance dans le secteur **route**. Avec une telle organisation des activités, il sera possible de modéliser les opérations de cueillette (C), de manutention au terminus d'origine (M_A), de longue distance (LD), de manutention au terminus de destination (M_B) et de livraison (L) pour une marchandise spécifique M devant être transportée d'une origine X à une destination Y.

Bien qu'on retrouve dans la littérature plusieurs analyses sur la distribution physique des marchandises, très peu de publications portent sur les opérations de terminus. Vers la fin des années 70, l'American Trucking Association et l'Insterstate Commerce Commission se sont préoccupés des terminus, mais ces préoccupations étaient reliées à la détermination des coûts de manutention en fonction de certaines caractéristiques des marchandises transportées. Il faut attendre en 1983 pour voir affaraître une étude très détaillée, sous forme de thèse doctorale, portant sur la modélisation et la simulation des opérations de terminus (Peck [1983]).

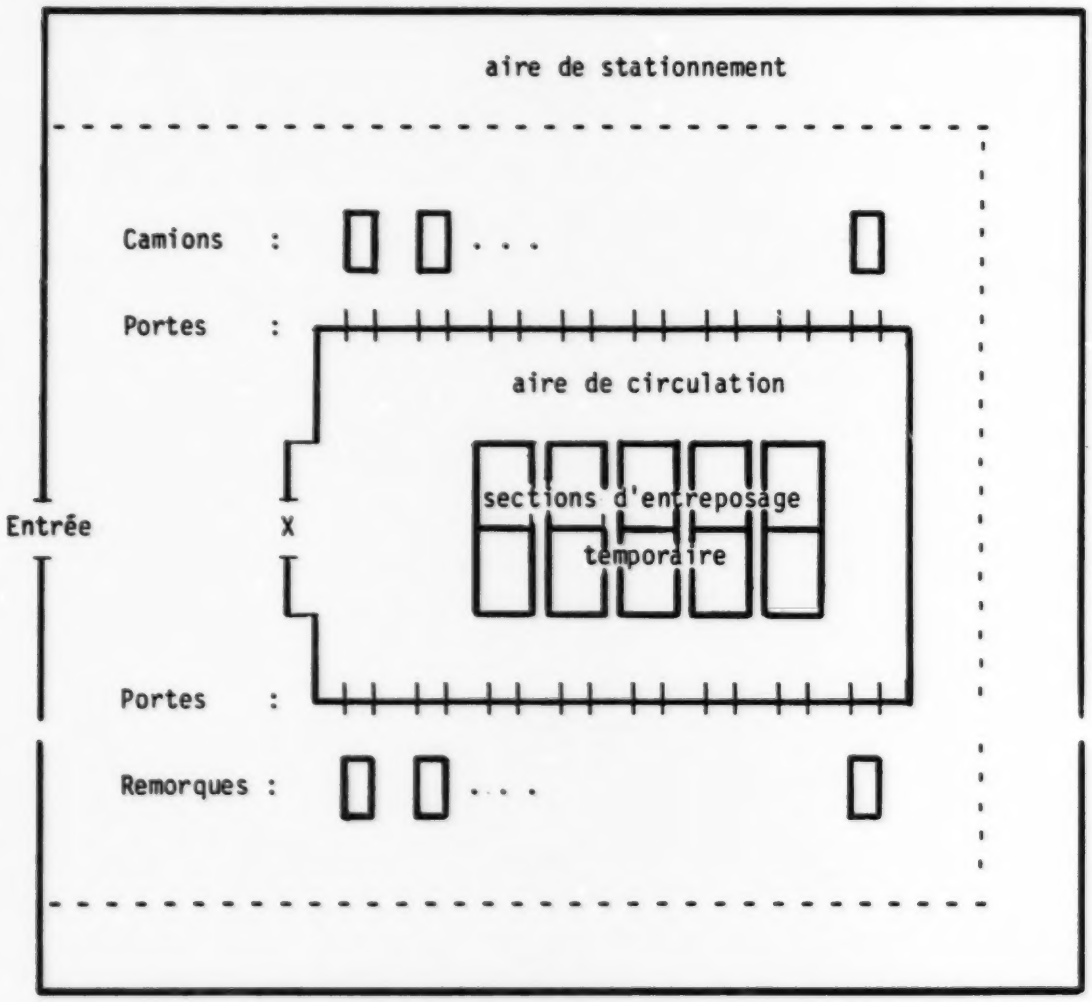
1. CONSIDÉRATIONS PHYSIQUES D'UN TERMINUS

Le terminus routier des marchandises est constitué essentiellement d'une partie externe et d'une partie interne. La partie externe comprend des aires de stationnement pour camions et remorques ainsi que des aires de circulation autour de l'édifice. La partie interne possède habituellement une forme rectangulaire dont les deux côtés parallèles les plus longs sont percés d'un certain nombre de portes. Généralement, on retrouve d'un côté du terminus les camions servant aux cueillettes/livraisons des expéditions et, de l'autre côté du terminus, les remorques assurant le transport de longue distance avec les autres terminus. Des considérations physiques sur la hauteur des camions et des remorques ainsi que certaines habitudes de fonctionnement ont conduit à distinguer les portes pour camions de messagerie des portes pour remorques de longue distance.

Habituellement, les portes de déchargement/chargement sont préalablement assignées, d'une façon fixe, aux districts/routes desservis par le terminus. Cette assignation est généralement basée sur l'expérience des gens du terminus et ne repose pas sur des analyses d'observations. Un des objectifs de la modélisation est précisément de confirmer ou de suggérer des modifications à cette assignation.

De plus, dépendant des opérations spécifiques de chaque entreprise, on peut retrouver des sections d'entreposage temporaire situés au milieu de la partie intérieure. La figure 2 ci-après illustre l'aspect physique d'un terminus routier de marchandises.

Figure 2 : L'aspect physique d'un terminus routier



2. PROCESSUS DES OPÉRATIONS DE TRANSBORDEMENT

Dans le but d'élaborer un modèle des opérations de terminus il est utile de définir la manutention et ensuite de proposer une typologie des activités se déroulant lors du transbordement des marchandises. Considérant les grandes étapes des activités de camionnage et la description physique d'un terminus, il est raisonnable d'établir la définition suivante :

Définition : La manutention de la marchandise dans un terminus résulte de l'interaction d'un processus de déchargement et d'un processus de chargement sur une période de 24 heures, intégrant à l'occasion des opérations d'entreposage temporaire.

Cette période de 24 heures peut varier d'une entreprise à l'autre dépendant de la logistique mise en place et de la spécialisation des opérations de transport routier. Ainsi, lorsque la consolidation joue un rôle important, la période de 24 heures peut être allongée. Toutefois, la partie importante de cette définition demeure les processus de déchargement et de chargement. Ces deux processus peuvent être caractérisés en identifiant, pour chacun, les provenances et les destinations de la marchandise à transborder. En effet, on retrouve principalement les trois provenances suivantes lors de **déchargement** de marchandise :

A1 : arrivée de remorques provenant des autres terminus;

A2 : arrivée de camions provenant des districts autour du terminus;

A3 : arrivée de marchandises laissées par des expéditeurs.

Également, on peut identifier les trois destinations suivantes lors du **chargement** de marchandise :

D1 : départ de camions à destination des districts autour du terminus;

D2 : départ de remorques à destination des autres terminus;

D3 : départ de marchandises réquisitionnées par les consignataires eux-mêmes.

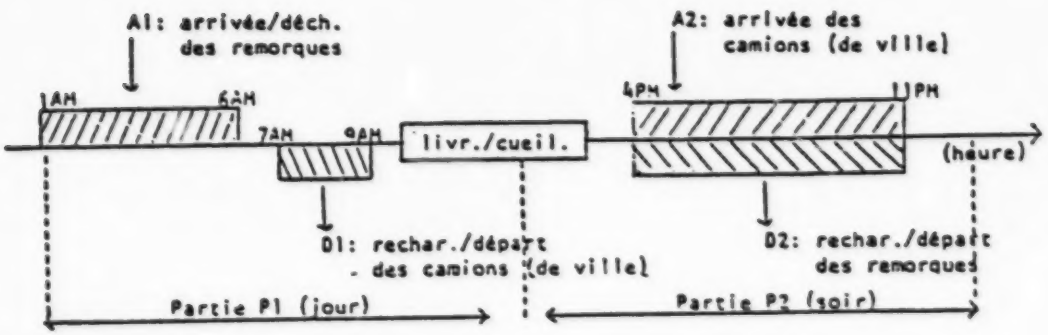
On peut donc considérer un total de neuf interactions possibles. Sans perte de généralité, on peut toutefois regrouper certaines interactions aux fins d'analyse alors que d'autres, étant peu fréquentes, peuvent être éliminé de l'analyse. Ainsi, les deux principaux groupes d'interactions pouvant présenter des intérêts aux fins d'analyse sont les suivants :

1- (A1-(D1,D3)) : identifiant les opérations de manutention des marchandises **arrivant** dans la région du terminus;

2- ((A2,A3)-D2) : identifiant les opérations de manutention des marchandises **sortant** de la région du terminus.

Pour la plupart des entreprises, les quantités de marchandises transbordées dans A3 ou dans D3 sont négligeables et ainsi l'interaction A3-D3 se réalise rarement. À un terminus donné, on peut retrouver de la marchandise en transit, i.e. non manutentionnée. C'est le cas de la marchandise qui reste dans une remorque/camion pour être ensuite acheminée sur une route de longue distance ou sur une tournée d'un district de messagerie. Cette marchandise ne fait pas partie de la marchandise manutentionnée. Il est à remarquer que dans un modèle de manutention, il peut être nécessaire ou pas de distinguer entre les deux groupes d'interactions ci-haut. La figure ci-après illustre l'interaction des processus de déchargement et de chargement de marchandises. Il est à remarquer que la période de 24 heures peut être subdivisée en période de jour et soir où l'on retrouve respectivement les interactions A1-D1 et A2-D2.

Figure 3 : Le processus quotidien de la manutention



3. CARACTÉRISATION DES ACTIVITÉS DE MANUTENTION

Essentiellement, les activités de manutention consistent à acheminer toute la marchandise reliée à une expédition spécifique d'une porte de déchargement à une porte de chargement d'un terminus, en passant à l'occasion par une étape de consolidation et possiblement d'entreprosage temporaire. Ain de caractériser ces activités, il est utile de former des classes d'expéditions pour lesquelles les expéditions d'une même classe exigent des manutentions relativement semblables, alors que deux expéditions de classes différentes demandent des opérations de manutention différentes. De plus, cette caractérisation doit également tenir compte de la logistique utilisée afin de manutentionner les marchandises. Dans cette logistique, on peut identifier i) les ressources exigées, ii) les localisations des portes de déchargement et des sections de consolidation-entreposage ainsi que de chargement et iii) les différents mouvements spécifiques de manutention.

3.1 Classes d'expéditions

Dans la formation des classes d'expéditions, on considère pour chaque expédition les facteurs suivants : le poids des marchandises, le volume occupé par les marchandises, le nombre de morceaux détachés, la catégorie de la marchandise, un index représentant l'uniformisation des morceaux par rapport au volume occupé et au poids de la marchandise. Pour chacun des facteurs précédents, on introduit les paramètres suivants :

3.1.1 Intervalles du poids des marchandises

On dénote par I_1, I_2, ..., I_p les p intervalles de poids sous considération. Dans la pratique actuelle du transport routier des marchandises en charges partielles, on retrouve les cinq intervalles de poids suivants :

I_1 : de 0 à 99 lbs;

I_2 : de 100 à 499 lbs;

I_3 : de 500 à 999 lbs;

I_4 : de 1 000 à 4 999 lbs;

I_5 : de 5 000 à 10 000 lbs;

3.1.2 Intervalles du volume des marchandises

On dénote par V_1, V_2, ..., V_q les q intervalles de volume sous considération. L'utilisation du volume des marchandises d'une expédition n'est pas très courante dans le transport routier. Toutefois, elle commence à faire son apparition dans certains transport spécialisés, tel le transport de meubles par exemple. Malgré le peu d'expérience qu'on dénombre avec la mesure du volume des marchandises, on peut identifier les six intervalles de volume suivants :

V_1 : de 0 à 15 pi^3;

V_2 : de 16 à 43 pi^3;

V_3 : de 44 à 64 pi^3;

V_4 : de 65 à 96 pi^3;

V_5 : de 97 à 320 pi^3;

V_6 : de 321 à 2 560 pi^3;

3.1.3 Intervalles du nombre de morceaux

On dénote par M_1, M_2, ..., M_r les r intervalles du nombre de morceaux de la marchandise des différentes expéditions. Encore une fois, l'utilisation de cette mesure n'est pas fréquente dans l'industrie du transport routier. Toutefois, des observations portent à croire que ce paramètre permettrait de distinguer les expéditions en terme du temps de manutention. Des observations préliminaires suggèrent la liste suivante de quatre intervalles pour le nombre de morceaux :

M_1 : 1 mc.;

M_2 : 2 mcx;

M_3 : 3 ou 4 mcx;

M_4 : 5 mcx ou plus.

3.1.4 Catégories de marchandises

Dans la catégorisation de la marchandise, il y a probablement lieu d'adopter la nomenclature des catégories à la marchandise transitant par un terminus donné. En ce sens qu'une entreprise de transport général ne possède pas nécessairement les mêmes catégories qu'une entreprise se spécialisant dans le transport des meubles et accessoires. Toutefois, aux fins de modélisation, on peut dénoter par C_1, C_2, ..., C_s les s catégories de marchandises des différentes expéditions. Ainsi, dans le transport général, on retrouve habituellement les cinq catégories suivantes :

C_1 : les tapis ou autres marchandises semblables;

C_2 : les pièces détachées, tels les silencieux et autres pièces d'automobiles;

C_3 : les marchandises déjà sur palettes;

C_4 : les morceaux spéciaux, volumineux, très légers ou très fragiles, etc.;

C_5 : les produits périssables.

Quant au transport spécialisé de meubles et accessoires, on peut énumérer les neuf catégories suivantes :

C_1 : l'électro-ménager;

C_2 : le rembourré;

C_3 : les matelas;

C_4 : les meubles démontés;

C_5 : les meubles montés-muraux;

C_6 : les meubles montés-autres;

C_7 : les meubles de bureau;

C_8 : l'électronique;

C_9 : autres.

3.1.5 Les groupes sur l'uniformisation des morceaux

Dans beaucoup d'expéditions où on retrouve plus d'un morceau, il peut y avoir de grandes variations entre les poids ou les volumes des différents morceaux constituant l'expédition. Ces variations peuvent aussi se manifester en terme de volume. Dans le but de qualifier une expédition selon cette dimension, on propose de dénoter par U_1, U_2, ..., U_t les t groupes sur l'uniformatisation des morceaux. Le premier groupe U_1 pourrait représenter le fait que tous les morceaux d'une expédition possède sensiblement le même volume et le même poids. Les autres groupes peuvent être définis afin de tenir compte de contextes particuliers. À titre d'exemple, on peut lister les trois groupes d'uniformité des morceaux suivants :

U_1 : tous les morceaux possédant environ la même densité;

U_2 : tous les morceaux se partionnant en deux groupes dont les densités sont significativement différentes;

U_3 : tous les morceaux se partionnant en trois groupes ou plus dont les densités sont significativement différentes.

À partir des cinq facteurs précédents pouvant caractériser les expéditions devant être transbordées à un terminus donnée, il est donc possible d'obtenir jusqu'à 1 800 classes d'expéditions en considérant les nomenclatures énumérées à titre d'exemple pour le transport général. Évidemment, plusieurs de ces classes peuvent être éliminées, ne renfermant peu ou aucune expédition. De plus, certains de ces facteurs peuvent ne pas être appropriés dans la caractérisation des expéditions d'un terminus

donnē. Ainsi, dans le transport spécialisé des meubles/accessoires, on pourrait sans doute éliminer le facteur portant sur l'uniformisation des morceaux d'une expédition.

3.2 Logistique de la manutention

La caractérisation de la logistique peut se faire en considérant les deux points de vue suivants : types de manutention et déplacement de la marchandise.

3.2.1 Types de manutention

Parmi les principaux types de manutention on peut mentionner les suivants :

MAN : la manutention de la marchandise se fait manuellement à l'aide de ressources humaines;

MEC : la manutention de la marchandise se fait mécaniquement à l'aide, habituellement, d'un tracteur-lift opéré par une personne;

SPE : la manutention de la marchandise se fait à l'aide de convoyeurs ou autres systèmes automatisés.

3.2.2 Déplacements de la marchandise

Dans ce point de vue de la logistique de la manutention on désire inclure autant la localisation des portes et des sections de consolidation que les origines et les destinations de la marchandise.

La modélisation des déplacements de marchandise dans un terminus routier doit tenir compte du processus physique de ces déplacements. Afin de bien identifier ce processus physique, on identifie les trois sections virtuelles suivantes d'un terminus : la section **arrivée** où le déchargement des remorques et des camions s'effectue, la section **entreposage** où la marchandise peut être temporairement déposée avant d'être rechargée et, la section **départ** où le chargement des remorques et des camions

s'effectue. Typiquement, on peut décrire le processus physique de manutention d'une expédition ou d'une partie d'une expédition comme suit : à l'arrivée d'une remorque ou d'un camion, il peut être nécessaire d'empiler les morceaux de chaque expédition de la remorque sur une palette de transbordement; on déplace ensuite cette palette soit vers une rangée d'entreposage ou soit directement vers la section départ; lorsque la palette est déposée dans le camion ou la remorque il peut être encore nécessaire de décharger les morceaux de l'expédition afin de libérer la palette et d'y placer les morceaux de l'expédition directement dans le véhicule.

Pour chacune des trois dernières sections virtuelles (arrivée, entreposage, départ), on peut définir les portions de manutention suivantes :

Section arrivée

MSP : manutention sur place de la marchandise. C'est le cas lorsqu'il n'y a aucun déplacement de marchandise, le chargement manuel d'une palette;

$\overline{\text{MSP}}$: aucune manutention sur place, la marchandise est déplacée directement;

DR : manutention reliée au déplacement de marchandise à décharger d'une remorque;

DC : manutention reliée au déplacement de marchandise à décharger d'un camion.

Section entreposage

ENT : manutention reliée au déplacement de marchandise à être déposée temporairement dans une rangée d'entreposage;

DIR : manutention reliée au déplacement de marchandises à être acheminées directement vers la section départ.

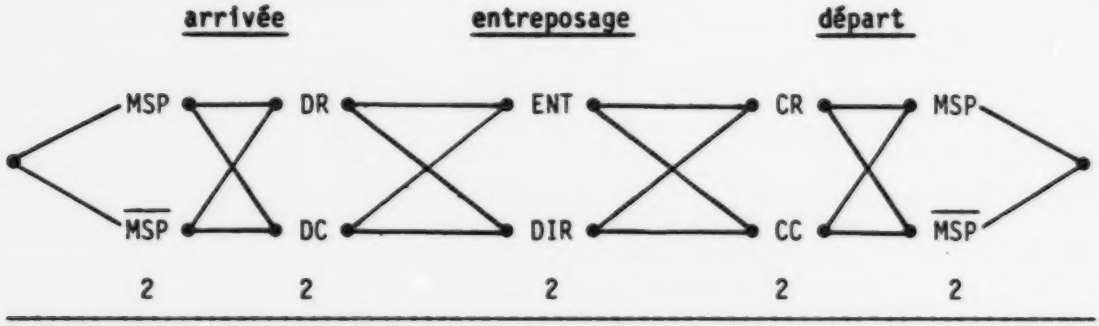
Section départ

CR : manutention reliée au déplacement de marchandises devant être chargées dans une remorque;

CC : manutention reliée au déplacement de marchandises devant être chargées dans un camion;

MSP et $\overline{\text{MSP}}$: déjà défini dans la section arrivée mais concernant le déchargement manuel d'une palette.

Figure 4 : Les 32 différents parcours du transbordement de la marchandise



Dans la figure 4 prédécente, on dénombre 32 parcours différents de manutention. Évidemment, pour une classe particulière d'expéditions, plusieurs de ces parcours ne sont pas possibles, c'est la cas où l'expédition est composée d'un seul morceau dont le poids est de plus de 1 000 livres; dans ce cas, le morceau est déjà sur palette.

Pour une grande partie des transporteurs routiers, il y a peu ou aucun transport local; ainsi, lorsque la marchandise est déchargée d'une remorque, elle est obligatoirement chargée dans un camion et vice versa. On réduit donc à 16 le nombre de parcours possibles de manutention. De plus, si un transporteur particulier reçoit et expédie toute marchandise sur palette en ayant jamais recours à de l'entreposage temporaire, alors, le nombre de parcours de manutention est réduit à deux. Enfin, si on émet l'hypothèse supplémentaire que le déchargement de remorque-chargement de camion n'est pas fondamentalement différent du déchargement de camion-chargement de remorque, alors on a **un seul parcours de manutention.**

4. FORMALISATION DE MESURES DE PERFORMANCE

Les opérations de terminus peuvent s'évaluer par plusieurs mesures de performance. Ces mesures de performance peuvent être soit pour l'ensemble des expéditions ou pour une expédition représentative d'une classe spécifique d'expéditions. Parmi les mesures de performance habituellement utilisées on retrouve les suivantes :

i) Quantité totale de ressources utilisées. Pour effectuer la manutention des marchandises dans un terminus, un certain nombre de manutentionnaires sont utilisés pendant une période de temps. On quantifie ces ressources au moyen de manutentionnaires-heures. Il est quelquefois utile de distinguer entre les manutentionnaires-heures pour la manutention manuelle et ceux pour la manutention mécanisée, étant donné les coûts-horaires différents des deux types de manutention.

ii) Coût de manutention d'une expédition représentative d'une classe donnée.

iii) Durée du transbordement pour les expéditions d'une classe donnée.

iv) Nombre de portes de déchargement utilisées durant une période donnée.

v) Quantité de marchandises restées au terminus après une période donnée.

vi) Effort de manutention. Afin de mesurer l'effort total nécessaire au transbordement des marchandises à l'intérieur du terminus, on cumule généralement le produit d'un "indicateur de marchandise" par la "distance" parcourue par cette marchandises. Ainsi, le nombre d'expéditions devant être transbordées d'une porte x à la porte y cumulé pour l'ensemble des couples de portes (x,y) peut mesurer l'effort de manutention. Au lieu de considérer le nombre d'expéditions, on peut également compter le poids total des expéditions qui sont transbordées de la porte x à la porte y.

5. MODÉLISATION

Dans cette section, il est proposé une structure permettant de générer des modèles formalisant des problèmes reliés au transbordement des marchandises dans un terminus donné. La problématique spécifique dont il sera question dans cette section concerne les problèmes d'affectation des véhicules aux différentes portes du terminus. Afin de catégoriser ces problèmes d'affectation, considérons une typologie basée sur les trois dimensions suivantes :

A. Existence de sections d'entreposage

Cas A1 : aucune section d'entreposage;

Cas A2 : toute la marchandise manutentionnée passe par les sections d'entreposage;

Cas A3 : une partie seulement de la marchandise manutentionnée passe par les sections d'entreposage.

B. Les arrivées-départs des véhicules

Cas B1 : tous les véhicules (ceux à décharger ainsi que ceux à charger) sont disponibles durant toute la période de manutention - cas statique;

Cas B2 : chaque véhicule à décharger possède un temps d'arrivée spécifique au terminus et chaque véhicule chargé possède également son heure de départ pour quitter le terminus - cas dynamique.

C. Nature des paramètres

Cas C1 : tous les paramètres possèdent des valeurs déterministes connus d'avance - cas déterministe.

Cas C2 : plusieurs paramètres doivent être estimés à l'aide de variables aléatoires - cas stochastique.

Afin de bien illustrer le type de modèles dont il est question ici, considérons la combinaison des cas A1-B1-C1. Suivant le processus quotidien de la manutention présenté à la figure 2, il existe principalement deux grands mouvements de marchandise : la marchandise **entrante** au terminus et la marchandise **sortante** du terminus. Le mouvement de la marchandise entrant consiste à décharger les expéditions des remorques provenant de longue distance pour ensuite les charger dans des camions destinés aux différents districts du terminus. Le mouvement de la marchandise sortant consiste à décharger les expéditions des camions provenant des différents districts du terminus pour ensuite les charger dans des remorques destinées à la longue distance. Sans perte de généralité, le modèle proposé réfère soit au mouvement de la marchandise entrant ou sortant, c'est-à-dire à une des parties P1 ou P2 d'une journée au terminus.

Comme premier modèle, considérons la situation suivante. Lequel modèle est une ré-écriture du modèle 4-1 de la thèse de Peck [1983] à la page 104.

1) Le transbordement des marchandises d'un terminus routier consiste à transporter directement (par différents moyens) un ensemble d'expéditions des véhicules à décharger à des véhicules à charger.

2) Le transbordement se fait dans un terminus où l'on dénote un ensemble K de portes de déchargement, dénoté $\{PD_1, PD_2, \ldots, PD_k, \ldots, PD_N\}$ et un ensemble H de portes de chargement, dénoté $\{PC_1, PC_2, \ldots, PC_h, \ldots, PC_M\}$.

3) On connaît les distances, notées d_{kh}, de chaque porte de déchargement à chacune des portes de chargement.

4) Un ensemble I de véhicules se présentent au terminus pour être décharger, $\{C_1, C_2, \ldots, C_i, \ldots, C_n\}$. On suppose ici que $n<N$.

5) Un ensemble J de véhicules se présentent au terminus afin d'être charger de marchandises provenant des déchargements, $\{R_1, R_2, \ldots, R_j, \ldots, R_m\}$. On suppose encore ici que $m<M$.

6) À partir des contenus des véhicules à décharger, qu'on suppose connus à l'avance, on peut déterminer un indice des ressources utilisées, r_{ij}, l'indicateur mesurant les expéditions à transborder de C_i à R_j. Cet indicateur exprime l'effort par unité de distance.

Les hypothèses précédentes permettent de formuler le problème suivant :

À quelles portes doit-on affecter les véhicules C_i et R_j afin de minimiser l'utilisation totale des ressources?

Variables de décision

1) $x_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{si le véhicule } C_i \text{ est affecté à la porte } PD_k, \\ 0 & \text{sinon;} \end{cases}$

2) $y_{jh} = \begin{cases} 1 & \text{si le véhicule } R_j \text{ est affecté à la porte } PC_h, \\ 0 & \text{sinon .} \end{cases}$

Contraintes

1) chacun des véhicules à décharger ne peut être affecté qu'à une seule porte de déchargement,

$$\sum_{k \in K} x_{ik} = 1 , \qquad i \in I;$$

2) chacun des véhicules à charger ne peut être affecté qu'à une seule porte de chargement,

$$\sum_{h \in H} y_{jh} = 1 , \qquad j \in J.$$

Fonction-objectif

Z = utilisation totale des ressources

$$= \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} \sum_{h \in H} \sum_{k \in K} r_{ij} \, d_{kh} \, x_{ik} \, y_{jh}$$

à minimiser.

Pour être réaliste, les dimensions du problème sont telles qu'on doit considérer environ 30 portes de déchargement et 30 portes de chargement.

Parmi les douze autres situations à modéliser, on pourrait considérer la combinaison des cas A1-B2-C1. La formulation de cette dernière situation pourrait se faire en utilisant la discrétisation du temps qu'on retrouve dans les modèles d'horaire. De plus, des travaux portant sur l'affectation quadratique en aménagement dynamique pourraient être avantageusement utilisés (Montreuil and Venkatadri [1989]).

CONCLUSION

La manutention des marchandises dans les terminus routiers LTL du Québec génère des coûts suffisamment élevés pour qu'on analyse davantage les opérations de manutention. Ainsi, à partir d'une caractérisation des activités de transbordement, il est suggéré un cadre permettant de formuler différents modèles d'affectation des camions aux portes du terminus. Lors de travaux subséquents, plusieurs autres modèles ainsi que leur application à des situations réelles viendront ajouter à l'analyse des opérations de terminus.

RÉFÉRENCES

D'AVIGNON, G.R. [1988] "Manutention des marchandises dans le transport routier public du Québec", (Rapport de recherche RR-88/12), Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, Québec, G1K 7P4. Également disponible dans le rapport du Congrès AQTR des 8-11 avril 1990, pp. 650-674.

MONTREUIL, B., VENKATADRI, U. [1989] "Strategic Interpolative Design of Dynamic Manufacturing Systems Layouts", Document de travail 88-55, Faculté des sciences de l'administration, Université Laval. Accepté pour publication dans Management Science.

PECK, K.E. [1983] "Operational Analysis of Freight Terminals Handling Less than Container Load Shipments", Thèse de doctorat, University Microfilms International, 200 N. Zeeb Road, Ann Arbor, MI 48 106.